

De praktijkkennis van ervaren bètadocenten in de context van de invoering van het vak Algemene Natuurwetenschappen

I. Henze, J. van Driel en N. Verloop¹

Samenvatting

Dit artikel beschrijft de resultaten van een onderzoek naar de praktijkkennis van negen ervaren bètadocenten op het moment dat zij nog maar kort onderwijs verzorgen in een nieuw vak: Algemene Natuurwetenschappen. De gedachte hierachter was dat de praktijkkennis van docenten in belangrijke mate bepaalt hoe zij op deze vernieuwing reageren. Het onderzoek was gericht op het in kaart brengen van overeenkomsten en verschillen in de inhoud en structuur van de praktijkkennis. Hiertoe is de algemeen-pedagogische kennis van de docenten onderzocht in relatie tot hun Pedagogical Content Knowledge (PCK) over modellen en modelleren, en hun vakkennis op dit gebied. Er is gebruikgemaakt van een semi-gestructureerd interview en een vragenlijst. Uit de analyse van de verzamelde gegevens kwamen twee typen praktijkkennis naar voren. In beide typen worden verschillende perspectieven op leren en onderwijzen gecombineerd en is sprake van samenhang tussen algemeen-pedagogische kennis en PCK. Een van beide typen kan als meer geïntegreerd worden gekenschetst en is uitgebreider voor wat betreft de inhoud van de PCK. Voor beide typen geldt dat de kennis over modellen en modelleren minder duidelijk samenhangt met de andere kenniselementen en bovendien niet onderscheidend is.

1 Inleiding

Uit eerder onderzoek (o.a. Duffee & Aikenhead, 1992) is bekend dat de praktijkkennis van docenten (dat is het geheel aan kennis en inzichten van docenten dat het handelen in de praktijk stuurt) voor een groot deel bepaalt hoe docenten reageren op onderwijsvernieuwingen. Tegelijkertijd is nog weinig bekend over de precieze inhoud van deze praktijkkennis, hoe ze de loop van een vernieuwing

beïnvloedt, en hoe ze tijdens dit proces verandert. De vernieuwing in de context van deze studie betreft de invoering van het vak Algemene Natuurwetenschappen (ANW) in de bovenbouw van het havo en vwo. Dit vak biedt leerlingen een brede algemene vorming, waarbij de grenzen tussen de klassieke natuurwetenschappelijke schoolvakken (natuurkunde, scheikunde en biologie) vervagen. Onderwerpen bevinden zich op de snijvlakken van verschillende disciplines waaronder astronomie, milieukunde en aardwetenschappen. Een belangrijk doel is dat meer dan bij de traditionele natuurwetenschappelijke vakken wordt gereflecteerd op de aard en de rol van modellen bij het ontstaan van wetenschappelijke kennis. Dit gebeurt bijvoorbeeld door leerlingen bij ANW zelf een model over sommige verschijnselen (bijvoorbeeld met betrekking tot het *afweersysteem* of het *zonnestelsel*) te laten ontwikkelen en hen daarover met elkaar te laten redeneren. ANW is op de meeste scholen bij de start van de Tweede Fase in 1999 ingevoerd. Het vak wordt hoofdzakelijk gegeven door ervaren docenten in de natuurkunde, scheikunde en biologie die een omscholingscursus tot ANW-docent hebben gevolgd.

1.1 Doel van de studie

In navolging van de cognitieve wending in de psychologie is het accent in onderwijsonderzoek de laatste decennia verschoven van docentgedragingen naar cognities en denkprocessen (praktijkkennis) van docenten. De achterliggende gedachte is dat cognities van docenten in grote mate bepalen hoe docenten hun onderwijs in de praktijk uitvoeren (o.a. Clark & Peterson, 1986; Verloop, 1992).

In een drie jaar durende analytische studie onderzochten we het effect van de praktijkkennis van ervaren docenten in de natuurwetenschappen (in het vervolg bètadocenten genoemd) op hun persoonlijke stijl van onderwijzen van ANW. Omgekeerd was het

onderzoek ook gericht op de wijze waarop het onderwijzen van ANW de praktijkkennis van docenten veranderde.

In dit artikel doen we verslag van het eerste jaar van bovengenoemde studie. In dit jaar onderzochten we drie verschillende domeinen van praktijkkennis, te weten: algemeen-pedagogische kennis, kennis van modellen in de natuurwetenschappen, en Pedagogical Content Knowledge over het leren en onderwijzen van natuurwetenschappelijke modellen bij ANW. Het doel van dit onderzoek was het in kaart brengen van overeenkomsten en verschillen in de inhoud en structuur van de praktijkkennis van ervaren bètadocenten aan het begin van hun ontwikkeling als ANW-docent. Hierbij ging het ons er niet om de praktijkkennis van de afzonderlijke docenten zo nauwkeurig mogelijk in kaart te brengen, maar vooral om het beschrijven van eventuele gemeenschappelijke patronen in deze kennis (Verloop, Van Driel, & Meijer, 2001)

2 Praktijkkennis van docenten

In de literatuur over praktijkkennis worden verschillende labels gebruikt die elk een ander aspect van deze kennis aanduiden. Bij elkaar geven deze labels een overzicht van de manieren waarop praktijkkennis tot nu toe is bestudeerd (Verloop et al., 2001). De meest gebruikte labels zijn: *personal knowledge* (Connelly & Clandinin, 1985), *situated knowledge* (Brown, Collins, & Duguid, 1989), *professional craft knowledge* (Shimamura, 1998), *action-oriented-knowledge* (Carter, 1990), en *tacit knowledge* (Eraut, 2000). In dit artikel staat de term *praktijkkennis* voor alle kennis van docenten die ten grondslag ligt aan hun handelen in de praktijk. Hierbij wordt “kennis” gebruikt als een overkoepelend concept, waarin een groot aantal verschillende cognities samengevat wordt. Deze cognities kunnen variëren van bewuste en goed doordachte meningen tot onbewuste en ongereflecteerde intuïties (Verloop et al., 2001). Aangenomen wordt dat praktijkkennis wordt opgebouwd op grond van persoonlijke en professionele ervaringen, zowel uit de dagelijkse lespraktijk

als uit initiële opleiding en doorlopende professionele bijscholing (o.a. Calderhead, 1996; Klaassens, Beijaard, & Kelchtermans, 1999). De ontwikkeling van praktijkkennis is een geleidelijk proces van “tinkering and experimenting with classroom strategies, trying out new ideas, refining old ideas, problem setting and problem solving” (Wallace, 2003, p. 8). Dit proces blijkt sterk impliciet en reactief te zijn (Kwakman, 1999) en kan worden opgevat als “leren tijdens de beroepspraktijk” of het “ontwikkelen van professionaliteit.” Van leren op de werkplek is bekend dat het primair gaat om leren door doen en ondervinden (Kolb, 1984; Schön, 1987). De directe resultaten (o.a. handelingskennis, leervaardigheden, leerhouding) van dit leren blijven, net als het leerproces zelf, meestal impliciet (Bolhuis, 1995; Eraut, 2000; Schön, 1987). Vanuit een constructivistische visie wordt de lerende docent beschouwd als “a constructivist who continually builds, elaborates and tests his personal theory of the world” (Clark, 1986, p. 9), waarbij hij te vergelijken is met “an experimental scientist who designs his/her experiments round rival hypotheses” (Kelly, 1955; Pope & Denicolo, 2001, p. 35). Wat is geleerd door de docent wordt opgeslagen in mentale representaties of constructen die in grotere gehelen, cognitieve systemen of structuren worden samengevoegd. Deze structuren (vgl. *referentiekader*, Bolhuis, 1995; *system of constructs*, Kelly, 1955; *mentale modellen*, Senge, 1992) bepalen in belangrijke mate de verwerking van nieuwe informatie, en dus ook bijvoorbeeld de interpretatie van een onderwijsvernieuwing. Tegelijkertijd kunnen door nieuwe ervaringen bestaande structuren worden verstoord en nieuwe structuren ontstaan, waardoor het geheel van de cognities (praktijkkennis) van docenten verandert.

De praktijkkennis van docenten omvat, naast kennis op het gebied van de vakinhoud en kennis van algemene onderwijskundige en didactische principes, ook kennis die specifiek gerelateerd is aan het vak dat zij onderwijzen (Meijer, Verloop, & Beijaard, 1999). Voor dit laatste kennisgebied heeft Shulman (1986) het begrip Pedagogical Content Knowledge (PCK) geïntroduceerd. Kern-

elementen in Shulmans conceptie van PCK zijn kennis van docenten over representaties van vakinhouden en doceerstrategieën enerzijds, en inzicht in moeilijkheden en concepties van lerenden anderzijds, beide met betrekking tot specifieke vakinhouden. In pogingen om de aard en eigenschappen van PCK te verhelderen, hebben vele onderzoekers (o.a. Cochran, DeRuiter, & King, 1993; Marks, 1990; Grossmann, 1990) voortgebouwd op het werk van Shulman. Door sommigen van hen werd het originele concept van Shulman met verschillende elementen uitgebreid (zie overzicht Van Driel & Verloop, 1998, p. 227). In onze studie naar de praktijkkennis van docenten wordt de PCK van docenten over ANW opgevat als kennis van docenten over: (1) adequate strategieën voor het onderwijzen van specifieke onderwerpen, (2) verschillen tussen leerlingen in voorkennis, begrip en begripsvermogen wat betreft deze onderwerpen, (3) manieren om kennis en vaardigheden van leerlingen in verband met deze onderwerpen te beoordelen, en ten slotte (4) onderwijsdoelen in het curriculum in verband met deze onderwerpen. Hiermee sluiten we grotendeels aan bij de definities van Grossman (1990) en Magnusson, Krajcik en Borko (1999, p. 99). Er is tot nu toe naar de samenhang en onderlinge relatie tussen PCK en andere domeinen van praktijkkennis van docenten nog weinig empirisch onderzoek verricht (Van Driel & Verloop, 1998).

Als gevolg van het persoonlijke en context-specifieke karakter van praktijkkennis kan het onderzoek ervan volgens sommigen niet meer opleveren dan een reeks casusbeschrijvingen. Anderen, waaronder wij in deze studie, trachten het idiosyncratische niveau te ontstijgen door te zoeken naar regelmatigigheden in de praktijkkennis van verschillende docenten. Hoewel praktijkkennis sterk afhankelijk is van persoonlijke ervaringen en omstandigheden, zullen er aspecten zijn die worden gedeeld door docenten die hetzelfde vak aan leerlingen van dezelfde leeftijd op hetzelfde niveau onderwijzen (Meijer et al., 1999).

Er zijn verschillende instrumenten en procedures ontwikkeld om de praktijkkennis van docenten op een betrouwbare en valide manier te meten (Kagan, 1990). Door verschil-

lende auteurs wordt met name het gebruik van (getekende of geschreven) metaforen aanbevolen als een hulpmiddel waarmee docenten hun visie op onderwijzen en hun zelfbeeld als docent expliciet kunnen maken (Martinez, 2001; Oolbekkink-Marchand, 2003; Weber & Mitchell, 1995). Lakoff en Johnson (1980) beklemtonen het belang van metaforen in ons taalsysteem om de betekenis van abstracte begrippen (zoals *tijd* of *leven*) te verduidelijken. De essentie van een metafoor is "understanding and experiencing one kind of a thing in terms of another" (p. 5).

3 Context van de studie

3.1 Veranderende perspectieven op kennis, leren en onderwijzen

We nemen aan dat de praktijkkennis van ervaren bètadocenten onder meer beïnvloed is door leerpsychologische theorieën uit de afgelopen decennia. Deze theorieën hebben leraren bereikt via lerarenopleiding en nascholing, maar ook via lesmethodes en schoolboeken waarin deze - meestal impliciet - zijn toegepast. De belangrijkste theorieën betreffende leren en onderwijzen worden door ons samengevat in een drietal perspectieven: (1) behavioristisch-empiricistisch, (2) cognitief-rationalistisch en (3) situatief-pragmatistisch-sociohistorisch (Greeno, Collins, & Resnick, 1996). In het vervolg van dit artikel worden deze perspectieven kortweg aangeduid met de termen *behavioristisch*, *cognitivistisch* en *situatief*.

Traditioneel wordt het natuurwetenschappelijk onderwijs vormgegeven vanuit de principes van een *behavioristisch perspectief* op de aard van kennis en leren. Leeromgevingen zijn zodanig ingericht dat informatie zo efficiënt mogelijk kan worden overgebracht naar leerlingen. Belangrijke informatiebronnen zijn hierbij - naast de docent - boeken, films, video's, enzovoort. Ook het aanleren van routinevaardigheden voor het maken van vraagstukken krijgt veel aandacht. Huiswerk wordt in de les nagekeken en besproken. Oefenvraagstukken hebben vooral betrekking op eenvoudige natuurwetenschappelijke contexten; de voorbeelden hebben doorgaans weinig relaties met contexten uit het dagelijks

leven van de leerlingen. In dit perspectief worden de natuurwetenschappelijke vakken (natuurkunde, scheikunde en biologie) apart aangeboden, waarbij de inhoud van de curricula gezien kan worden als wetenschappelijke kennis in “verdunde” vorm (De Vos & Reiding, 1999).

In de jaren '70 wint het *cognitivistisch perspectief* op de aard van kennis en leren terrein. Binnen dit perspectief wordt instructie in verband gebracht met de concepties van leerlingen en hun cognitieve vaardigheden (Greeno et al., 1996). In sommige kleinschalige projecten (bijv. PLON; zie Eijkelhof & Kortland, 1988) is onder invloed van het constructivisme een verschuiving geïntroduceerd naar activiteiten in de klas die actieve constructie van kennis en begrip bij leerlingen ondersteunen. In dergelijke projecten wordt ook veel belang gehecht aan het gebruik van contexten die aansluiten bij het dagelijks leven van de leerlingen.

Bij recente vernieuwingen van het natuurwetenschappelijke onderwijs is de invloed merkbaar van het *situatieve perspectief* (Greeno et al., 1996). Dit perspectief houdt in dat kennis en leren worden beschouwd als gesitueerd in een bepaalde fysieke en sociale context. Deze stroming stelt voor, leeromgevingen in te richten waarin leerlingen in zogenaamde “communities of practitioners” deelnemen in karakteristieke ‘discourse’ en activiteiten van het betreffende domein.

3.2 Algemene Natuurwetenschappen

In de huidige internationale discussie over onderwijsinnovatie worden onder andere de volgende doelen benadrukt: leerlingen breed te vormen, kritisch te laten denken, kennis te laten construeren uit diverse informatiebronnen, opdat zij de school zullen verlaten als verantwoordelijke burgers die levenslang kunnen leren (o.a. Putnam & Borko, 1997). De doelstellingen van het vak Algemene Natuurwetenschappen sluiten hierbij aan.

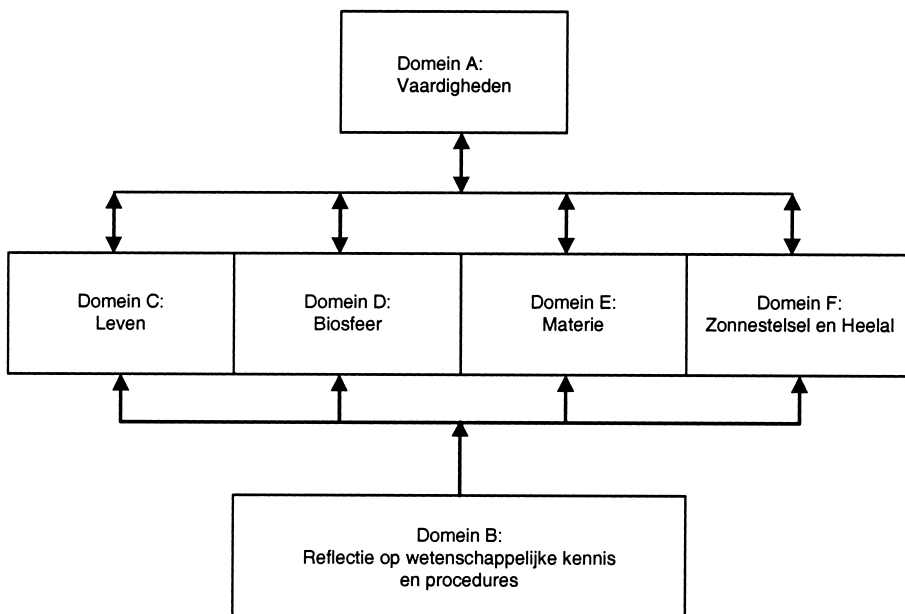
Het vak ANW is bij de invoering van de Tweede Fase geïntroduceerd naast de drie traditionele bètavakken (natuurkunde, scheikunde en biologie) in de bovenbouw van het voortgezet onderwijs. Door de toenemende betekenis van natuurwetenschap en techniek voor de maatschappij in de laatste helft van

de vorige eeuw, wordt het noodzakelijk geacht dat alle leerlingen als zij de school verlaten op zijn minst enig inzicht hebben in belangrijke natuurwetenschappelijke ontwikkelingen. Hiervoor moeten zij historische en hedendaagse natuurwetenschappelijke modellen leren kennen, en ook weten hoe deze tot stand zijn gekomen en wat hun betekenis kan zijn voor de toekomst. De eindtermen van ANW zijn verdeeld over zes domeinen A t/m F (SLO, 1996) (zie Figuur 1).

Domein A bevat eindtermen voor algemene vaardigheden, waaronder taalvaardigheden, informatievaardigheden en onderzoeksvaardigheden, die niet los van de inhoudelijke domeinen C t/m F (‘big ideas’ uit de natuurwetenschappen zoals “broeikas-effect” en “genetische manipulatie”) aangeleerd kunnen worden. Een onderzoeksvaardigheid uit domein A als “relevante waarnemingen verrichten” kan bijvoorbeeld plaatsvinden in combinatie met het subdomein “kenmerken van zonnestelsel en het heelal” uit domein F. De docent bepaalt welke combinaties van vaardigheden met natuurwetenschappelijke inhouden gemaakt worden. Ook voor domein B, *reflectie op wetenschappelijke kennis en procedures*, geldt dat alle eindtermen in combinatie met de inhoud van de domeinen C t/m F aan de orde komen. Ook hierin kunnen keuzes gemaakt worden. Hoewel de kennisdomeinen B t/m F in principe gelijkwaardig zijn, wordt aangeraden (SLO, 1996) om de nadruk te leggen op domein B. Dat betekent dat niet het leren van natuurwetenschappelijke kennisinhoud voorop zal staan, maar de reflectie op de geschiedenis, de filosofie en de methodologie van de natuurwetenschappen.

3.3 Modellen en modelleren bij ANW

Natuurwetenschappelijke activiteiten, zoals het ontwerpen en gebruiken van modellen, het uitvoeren van experimenten en het ontwikkelen van theorieën, vinden plaats binnen een zekere cultuur. Daarom kan het begrip van de betekenis en de functies van dergelijke activiteiten niet geleerd worden aan de hand van regels en procedures. In plaats daarvan moeten leerlingen “to be exposed to the use of a domain’s tools in authentic activity” (Brown et al., 1989, p. 35). Leerlingen kun-



Figuur 1. Samenhang tussen de domeinen van ANW.

nen, bij het oplossen van realistische problemen, hun eigen modellen ontwerpen en testen en met elkaar bespreken in de lessen. Hierbij kan het gaan om zaken die leerlingen kennen uit hun dagelijks leven, maar ook om sociaal-economische, natuurwetenschappelijke of technologische contexten.

Hodson (1992) onderscheidt drie hoofdoelen voor natuurwetenschappelijk onderwijs: (1) *learn science*, dat wil zeggen het leren van de belangrijkste natuurwetenschappelijke concepten, theorieën en modellen, (2) *learn to do science*: het leren deelnemen aan activiteiten die leiden tot de ontwikkeling van natuurwetenschappelijke kennis en (3) *learn about science*, dat wil zeggen inzicht verwerven in de wijze waarop natuurwetenschappen “werken”. Door het gebruik van modellen, met name het laten ontwerpen en testen van modellen en de reflectie hierop, kunnen deze drie doelen worden nagestreefd (Justi & Gilbert, 2002). Het vak ANW biedt hiervoor een geschikt kader. Via modellen en modelleeractiviteiten kan het leren *over* de natuurwetenschappen (domein B) worden verbonden met het leren van natuurwetenschappelijke inhoud (domeinen C t/m F) en het leren van natuurwetenschappelijke vaardigheden (domein A).

Een dergelijke aanpak impliceert dat de docent niet zozeer de inhoud van de onderzochte modellen benadrukt, maar vooral aandacht besteedt aan de totstandkoming van deze modellen. Bovendien zal de docent onderwijsstrategieën moeten inzetten, gericht op het begeleiden van leerlingen die zelf modellen opstellen en testen. Uit recent onderzoek blijkt dat de praktijkkennis van bètadocenten over modellen en modelleeractiviteiten doorgaans beperkt of zelfs problematisch is (Harrison, 2001; Van Driel & Verloop, 1999). Justi en Gilbert (2002) brengen deze situatie in verband met het gegeven dat de belangstelling om op de hierboven beschreven wijze met modellen en modelleren om te gaan van tamelijk recente aard is: docenten hebben hier nog weinig ervaring mee op kunnen doen.

In dit artikel staat de volgende vraag centraal: Wat is de inhoud en de structuur van de praktijkkennis van ervaren bètadocenten over natuurwetenschappelijke modellen en modelleren op het moment dat zij nog weinig ervaring hebben met het vak ANW? In dit verband is de PCK van docenten over natuurwetenschappelijke modellen en modelleren onderzocht in relatie tot hun algemeen-pedagogische kennis (dat wil zeggen algemene perspectieven op leren en onderwijzen) en

hun kennis van modellen en modelleren in de natuurwetenschappen.

4 Methode en procedures

4.1 Deelnemers

Bij dit onderzoek zijn negen ANW-docenten betrokken, werkzaam op vijf verschillende scholen. Allen gebruiken de leergang “ANt-woord”. Deze methode is door ons gekozen vanwege het expliciete accent op de aard en ontwikkeling van natuurwetenschappelijke modellen. Zo bevat deze methode in het hoofdstuk over “zonnestelsel en heelal” (domein F) een aantal opdrachten en werkvormen waarbij leerlingen zelf een model opstellen ter beschrijving en verklaring van de seizoenen, waarna hun modellen worden besproken. Ook verdiepen leerlingen zich in historische modellen over het zonnestelsel (zoals het geocentrische model van Ptolemaeus en het heliocentrische model van Copernicus) en voeren een debat over de sterke en zwakke punten van deze modellen. In een hoofdstuk over “ziekte en gezondheid” (domein C) maken leerlingen modellen van het “afweersysteem”. Hierin gaat “ANt-woord” verder dan de andere, meer gangbare lesmethodes voor ANW, waarin modellen veel minder aandacht krijgen. In deze methodes komt de reflectie op natuurwetenschappen (domein B) vooral naar voren via discussies en posterpresentaties over specifieke onderwerpen uit de domeinen C t/m F.

De negen docenten hebben gereageerd op een schriftelijke oproep die verstuurd is naar alle scholen waar “ANt-woord” gebruikt wordt. Hierna zijn docenten op hun eigen school bezocht, waarbij de bedoeling van het project en de implicaties van deelname zijn uitgelegd. Allen hebben vervolgens besloten aan het project deel te nemen. De docenten, allemaal mannen, variëren in termen van ervaring en disciplinaire achtergrond (zie Tabel 1). Voordat zij ANW zijn gaan doceren, hadden zij deelgenomen aan de ANW-omscholingscursus die in landelijk verband is aangeboden (studielast 120 uur, ongeveer gelijk verdeeld over contacttijd en zelfstudie). Zij behoren tot de eerste ANW-docenten op hun school.

Tabel 1

Kenmerken van de deelnemende docenten

School	Aantal deeln. docenten	Disciplinaire achtergrond	Aantal jaren doceer-ervaring*
a	1	Natuurkunde	11
b	1	Biologie	25
c	2	1 Chemie 1 Biologie	8 15
d	2	1 Natuurkunde 1 Chemie	23 22
e	3	1 Natuurkunde 1 Chemie 1 Biologie	26 9 11

* In hun eigen discipline, bij het begin van het onderzoek

4.2 Dataverzameling

Semi-gestructureerd interview

Bij alle docenten is een semi-gestructureerd interview afgenomen. De opzet van het interview was in eerste instantie gebaseerd op de hierboven besproken literatuur over praktijkkennis van docenten enerzijds, en modellen en modelleren bij de natuurwetenschappen anderzijds. De aanvankelijke interviewopzet is getest via pilot-interviews met vier ANW-docenten, die niet tot de negen deelnemers aan het onderzoek hoorden. Deze pilot-interviews hebben geresulteerd in aanpassingen van specifieke vragen en in het toevoegen van twee extra vragen. Het uiteindelijke interview bestond uit zeven delen: (1) biografie van de docent, (2) algemeen-pedagogische kennis over leren, (3) algemeen-pedagogische kennis over onderwijzen, (4) perceptie van de taak (i.c. doceren van ANW), (5) perceptie van de context (o.a. schoolorganisatie), (6) PCK over het leren van natuurwetenschappelijke modellen en (7) PCK over het onderwijzen van natuurwetenschappelijke modellen. De onderdelen (1), (4) en (5) zijn vooral van belang in het kader van het longitudinale onderzoek en zullen hier niet worden besproken.

De delen (2) en (3) waren gericht op de algemeen-pedagogische kennis van de docenten en omvatten vragen zoals “Hoe denkt u dat uw leerlingen het beste iets nieuws leren?”, “Denkt u dat u als docent invloed heeft op het leren van uw leerlingen?” en “Zo ja, wat kunt u doen om het leren van uw leerlingen te bevorderen?”. Daarnaast bevatten deze delen een aantal metaforen over leren en

Tabel 2

Voorbeelden van metaforen in het interview

Perspectief	Metaforen over leren (deel 2)	Betekenis vanuit perspectief
Behavioristisch	Leren is als data opslaan	Leren heeft plaatsgevonden als de hoeveelheid kennis is toegenomen
Cognitivistisch / constructivistisch	Leren is als het speurwerk van een detective: dingen opzoeken en dingen onderzoeken	Leren is het gevolg van actieve interactie met de omgeving in de constructie van kennis
Situatief	Leren is als het werk van mieren: een gedeelde activiteit om samen tot een resultaat te komen	Leren is het gevolg van authentieke deelname aan de activiteiten van een community of practitioners
Perspectief	Metaforen over onderwijzen (deel 3)	Betekenis vanuit perspectief
Behavioristisch	De docent is als een tuinman die elk plantje in zijn tuin geeft wat het nodig heeft	Het is de taak van de docent om leerlingen te motiveren en te zorgen voor adequate leeractiviteiten en feedback
Cognitivistisch / constructivistisch	Het is de taak van de docent om voor leerlingen een bouwplaats in te richten en het benodigde materiaal aan te leveren	Het is de taak van de docent om uitdagende en interactieve leeromgevingen te creëren
Situatief	De docent is als een reisleader die onderhandelt met de toeristen over de bestemming en de route die zij zullen gaan	Het curriculum moet de weerspiegeling zijn van een set overeenkomsten over soorten activiteiten waar leerlingen in zouden moeten participeren

onderwijzen (zie Tabel 2). Deze reflecteerden de drie perspectieven op leren en onderwijzen uit paragraaf 3.1, en waren ontleend aan onderzoek van Ebbens (1994), Fox (1983) en Martinez (2001).

De metaforen stonden op kaartjes die aan de docenten werden voorgelegd met het verzoek deze één voor één hardop voor te lezen en van commentaar te voorzien. Hierbij ging het er niet om of de docent het eens of oneens was met het perspectief van de betreffende metafoer. Het idee was, docenten de gelegenheid te bieden om vrij te reageren op één of meer aspecten van elke metafoer, waarbij de metafoer diende als hulp bij het uitdrukken van de eigen perspectieven (Oolbakkink-Marchand, 2003). De delen 6 en 7 bevatten vragen die dienden als indicator voor de PCK van de docenten omtrent het leren en onderwijzen, respectievelijk van natuurwetenschappelijke modellen en modelleren. Om dit concreet met docenten te kunnen bespreken, is ervoor gekozen om een reeks vragen te stellen omtrent het hoofdstuk uit de leerangang over “zonnestelsel en heelal” (“Ant-woord”, zie par. 4.1). De vragen betroffen de vier eerder genoemde (par. 2) elementen van PCK, te weten kennis over (1) adequate strategieën voor het onderwijzen, (2) voorkennis, begrip en begripsmoeilijkheden van leerlingen, (3) manieren om kennis en vaardigheden

van leerlingen te beoordelen, en (4) onderwijsdoelen in het curriculum. Al deze elementen werden specifiek met betrekking tot het onderwerp “modellen over het zonnestelsel” aan de orde gesteld.

Alle interviews werden individueel afgenomen door de eerste auteur op de betreffende school, op een plek die door de docent was aangewezen (bijvoorbeeld diens klaslokaal of een werkruimte). De interviews vonden plaats kort nadat de docent het hoofdstuk over “zonnestelsel en heelal” had afgerond en duurden één tot anderhalf uur. Gedurende het hele interview werd voor een informele sfeer gezorgd. De interviews werden opgenomen op audiocassette en zijn naderhand volledig en letterlijk uitgeschreven.

Vragenlijst

Om de kennis van de docenten over natuurwetenschappelijke modellen en modelleren in kaart te brengen, is gebruikgemaakt van een bestaand instrument dat eerder was ontwikkeld door de tweede en derde auteur van dit artikel in het kader van een onderzoek onder beginnende ANW-docenten ($n = 71$; Van Driel & Verloop, 1999). Dit instrument omvat vier onderdelen, waarvan in de onderhavige studie er slechts één gebruikt is. Het betreffende onderdeel was gericht op het begrip en de opvattingen die docenten hebben

over modellen en modelleren in de natuurwetenschappen. Dit onderdeel bestond uit twee schalen, te weten (1) uitspraken over de relatie tussen modellen en hun target, ofwel hetgeen gemodelleerd is (11 items), en (2) uitspraken over de ontwikkeling van modellen in een sociale context (8 items). De uitspraken dienden op een vierpuntsschaal gescoord te worden, welke liep van 1 = nooit, via 2 = soms en 3 = meestal, tot 4 = altijd.

In het onderzoek van Van Driel en Verloop (1999) was de gemiddelde score op de eerstgenoemde schaal 2.99 ($SD = .40$; Cronbachs $\alpha = .75$) en op de tweede schaal 2.76 ($SD = .38$; Cronbachs $\alpha = .64$).

In dit onderzoek zijn de 19 items in schriftelijke vorm aan de docenten voorgelegd, waarbij items van de twee schalen waren afgewisseld. Op scholen met meerdere deelnemers, vulden de docenten in dezelfde ruimte en tegelijkertijd de vragenlijst in. Het invullen kostte ongeveer een half uur.

4.3 Analyse

Algemeen-pedagogische kennis

De analyse van de verzamelde gegevens begon met de delen 2 en 3 van het semi-structureerde interview. Om de antwoorden op de vragen en de reacties op de metaforen te analyseren in termen van de algemeen-pedagogische kennis van de docenten, zijn codes opgesteld voor de verschillende aspecten van leren en onderwijzen die ter sprake kwamen: kennen, leren, motivatie, leeromgeving, curriculum, verschillen tussen leerlingen, en beoordeling. Hierbij is voor ieder van de drie genoemde perspectieven (par. 3.1) een invulling van deze codes opgesteld, gebaseerd op de beschrijvingen van Greeno e.a. (1996). Deze invulling van de codes is toegepast op twee van de interviews om na te kunnen gaan in hoeverre hiermee de variëteit in de uitspraken van de docenten gecodeerd kon worden. Als gevolg hiervan zijn sommige codes geherformuleerd. Het uiteindelijke codeboek is tot stand gekomen in een aantal stappen, waarbij de eerste en tweede auteur van dit artikel de codes toepasten en aanpasten, totdat consensus werd verkregen over alle te gebruiken codes (namen en betekenis vanuit de drie perspectieven).

PCK

De analyse van de interviewgegevens uit de delen 6 en 7 had betrekking op de PCK van de docenten. De betreffende interviewfragmenten zijn eerst enkele malen gelezen, waarna codes werden opgesteld voor de verschillende elementen van de PCK (zie het eerste deel van par. 4.2.). Net als bij de algemeen-pedagogische kennis is dus gecodeerd op het niveau van onderwerpen en subonderwerpen. Voor wat betreft de kennis over adequate onderwijsstrategieën en over begrip van leerlingen (elementen 1 en 2 van de PCK) werd geconcludeerd dat dezelfde codes bruikbaar waren. Deze kenniselementen konden getypeerd worden met een drietal codes, te weten (1) een code die representatief was voor de *inhoud* van modellen (docenten hebben kennis over het onderwijzen van specifieke concepten in relatie tot bepaalde modellen en over het begrip van hun leerlingen omtrent deze concepten), (2) een code die staat voor het *denken over* modellen (docenten weten hoe ze hun leerlingen kunnen laten nadenken over modellen en hebben inzicht in het begrip dat hun leerlingen hebben over de aard van modellen) en (3) een code die betrekking heeft op het *construeren van* modellen (docenten weten hoe ze hun leerlingen kunnen stimuleren of begeleiden bij het construeren van modellen en hebben kennis over de modelleervaardigheden van hun leerlingen). Deze drie codes zijn, ruwweg, te koppelen aan de domeinen C-F (1), B (2) en A (3) van ANW (zie par. 3.2).

De PCK over beoordelen (element 3) bleek na herhaaldelijk lezen en bespreken van de antwoorden van de docenten op de vragen over beoordelingsmanieren bij het hoofdstuk over “zonnestelsel en heelal” met de volgende codes getypeerd te kunnen worden: (1) schriftelijke toets over de inhoud van modellen, (2) mondelinge en/of posterpresentatie of verslag als product van zelfstandige opdracht, (3) opstel of essay waarin reflectie op de aard van modellen wordt gevraagd, (4) activiteit waarbij modellen geconstrueerd en besproken worden, (5) modelledebat, (6) portfolio over voorbereiding op modelledebat, (7) observatie van groepsactiviteiten.

Wat betreft de PCK over de onderwijs-

doelen van het curriculum (element 4) werd, na (her-)lezing en bespreking van de betreffende docentantwoorden, besloten om deze met behulp van twee soorten codes te typeren. In algemene zin deden docenten hier uitspraken die betrekking hadden op hun epistemologische opvattingen. Hiervoor is de indeling van natuurwetenschappelijke epistemologische opvattingen van Nott en Wellington (1993) gehanteerd, op grond waarvan drie codes zijn opgesteld: (1) *positivistisch*, waarbij modellen worden gezien als vereenvoudigde kopieën van de realiteit, (2) *relativistisch*, waarbij modellen worden gezien als een van de manieren om de werkelijkheid te beschouwen en (3) *instrumentalistisch*, waarbij het gaat om de vraag of een model “werkt”, en niet of het “waar” is. De uitspraken van docenten over doelen die zij nastreefden met het gebruik van modellen konden worden gecodeerd in termen van verschillende functies van modellen: (1) het visualiseren van verschijnselen, (2) het verklaren van verschijnselen, (3) het verkrijgen van informatie over verschijnselen die niet direct geobserveerd kunnen worden, (4) het afleiden van (toetsbare) hypothesen en (5) het doen van voorspellingen.

Kennis over modellen en modelleren

Voor de kennis en opvattingen van de docenten over natuurwetenschappelijke modellen en modelleren, zijn hun antwoorden op de vragenlijst verwerkt. Voor beide schalen in de vragenlijst is de gemiddelde score per docent berekend en vergeleken met de schaalcores in het onderzoek van Van Driel en Verloop (1999). Net als in dat onderzoek zijn hoge scores (3 en hoger) op de schaal over de relatie model-target geïnterpreteerd als indicatief voor de opvatting dat een model een vereenvoudigde kopie van de werkelijkheid is, waarvan de voornaamste functie het geven van (causale) verklaringen voor verschijnselen is. Evenzo zijn hoge scores op de schaal over de sociale context van modellen opgevat als representatief voor de gedachte dat modellen geconstrueerd worden om de ideeën van wetenschappers weer te geven en te bespreken, en dat bij deze constructie creativiteit een voorname rol speelt. Behalve scores op schaalniveau, zijn ook de scores van

docenten op afzonderlijke items binnen een schaal vergeleken, om na te kunnen gaan hoe specifieke uitspraken gewaardeerd werden.

5 Resultaten en discussie

Zoals aangegeven in het begin van dit artikel (par. 1.1) was het doel van dit onderzoek om gemeenschappelijke patronen in de praktijkkennis van de docenten te identificeren. Vanuit dat oogpunt zijn verschillen en overeenkomsten tussen de kennis van de docenten over de verschillende domeinen geanalyseerd. De hierna volgende rapportage van de resultaten is hierop gericht. We zijn ons ervan bewust dat deze aanpak niet volledig recht kan doen aan het unieke, persoonlijke karakter van de praktijkkennis van de afzonderlijke deelnemers.

5.1 Twee typen praktijkkennis

Na het coderen van uitspraken met betrekking tot de bovenstaande kenniselementen legden we per kenniselement de gecodeerde uitspraken van docenten op stapeltjes van overeenkomstige codes. Hierbij werd de variëteit aan uitspraken binnen de kenniselementen duidelijk. Daarna bekeken we de verschillende stapels nauwkeurig en stelden per docent vast welke combinaties van codes over de kennisdomeinen heen voorkwamen. Vervolgens vergeleken we deze combinaties over de docenten heen, en werden twee patronen zichtbaar. Hieruit werden door ons twee typen praktijkkennis geconstrueerd. In het onderstaande worden deze twee typen praktijkkennis in algemene zin omschreven. In de volgende paragraaf volgt een beschrijving van ieder type in meer concrete zin, aan de hand van een beschrijving van de praktijkkennis van twee docenten die - min of meer - representatief zijn voor één van beide typen.

Type A

In Type A worden de verschillende kenniselementen van praktijkkennis als volgt gecombineerd. Wat betreft de algemeen-pedagogische kennis valt een combinatie op van behavioristische en cognitivistische opvattingen: de organisatie van leeromgevingen wordt hierin vanuit behavioristisch perspectief

tief opgevat, terwijl de opvattingen over leren als cognitivistisch getypeerd kunnen worden. De PCK over onderwijsstrategieën bevat kennis over het overdragen van de inhoud van bepaalde modellen (i.c. over het zonnestelsel), alsmede kennis over materialen die het inzicht van leerlingen bevorderen en hen helpen om de modellen met de realiteit te verbinden. De PCK over het begrip van leerlingen en wat zij moeilijk vinden, is vooral gebaseerd op de interpretatie van schriftelijke toetsen. De PCK over curriculumdoelen en beoordeling bestaat uit een combinatie van positivistische en instrumentalistische opvattingen: modellen worden gezien als een reductie van de werkelijkheid, met als doelen visualiseren en verklaren van verschijnselen, waarbij leerlingen worden beoordeeld op inhoudelijke kennis, maar ook als ‘tools’ die leerlingen moeten kunnen toepassen en daarover presenteren (mondeling en via posters).

Ook in de kennis over modellen en modelleren in Type A worden twee standpunten gecombineerd. Uit de relatief hoge scores op beide schalen in de vragenlijst komt naar voren dat enerzijds het idee dat een model een vereenvoudigde kopie van de werkelijkheid is, gesteund wordt, terwijl tegelijkertijd de gedachte dat modellen het product zijn van menselijk denkwerk in een sociale context aanhang krijgt. Een dergelijke combinatie van opvattingen kwam ook naar voren in het onderzoek van Van Driel & Verloop (1999).

Type B

Dit type praktijkkennis wordt gedomineerd door cognitivistische en constructivistische kenniselementen. Dit komt naar voren in de algemeen-pedagogische kennis, maar ook in de PCK. De PCK over onderwijsstrategieën omvat kennis over motiverende en uitdagende opdrachten om de inhoud van modellen te leren, en over bepaalde werkvormen waarbij leerlingen zelf modellen construeren of vergelijken (debatteren), en over manieren om leerlingen te motiveren en te stimuleren om hun creativiteit in te zetten bij het denken over en het construeren van modellen. Wat betreft de PCK over het begrip van leerlingen is kennis aanwezig over de motivatie, mogelijkheden en moeilijkheden van leerlingen bij het werken met natuurwetenschappelijke modellen, en over hun affiniteit met bepaalde modellen. Deze kennis blijkt gebaseerd te zijn op tentamenresultaten, het beoordelen van presentaties, verslagen en portfolio's, het bespreken van modelleer- en debatactiviteiten, en het observeren van groepsactiviteiten. In de PCK over de doelen van natuurwetenschappelijke modellen in het curriculum wordt niet alleen het visualiseren en verklaren van verschijnselen benadrukt, maar ook het afleiden en toetsen van hypothesen, het doen van voorspellingen en het verkrijgen van informatie via modellen. Modellen worden als instrumentalistisch gezien, maar ook als een manier om de werkelijkheid te beschouwen (relativistisch). De kennis

Tabel 3

Praktijkkennis Type A

Algemeen-pedagogische kennis	Behavioristische en cognitivistische opvattingen, respectievelijk over onderwijzen en leren
PCK over onderwijsstrategieën	Kennis over manieren om de inhoud van modellen over te dragen, en over specifieke multimedia en concrete materialen om het begrip van leerlingen over de inhoud van modellen te bevorderen en modellen met de realiteit te verbinden
PCK over het begrip van leerlingen	Kennis over moeilijkheden van leerlingen met betrekking tot specifieke concepten, en over moeilijkheden met de connectie tussen model en realiteit
PCK over beoordelen	Kennis over het beoordelen van inhoud en gebruik van modellen via proefwerken, presentaties (met powerpoint en met posters), en verslagen van uitgewerkte opdrachten
PCK over doelen van het curriculum	Epistemologische opvattingen die als positivistisch en instrumentalistisch beschouwd kunnen worden. Kennis over het gebruik van modellen van het zonnestelsel om verschijnselen te visualiseren en verklaren
Kennis over modellen en modelleren	Een combinatie van positivistische wetenschapsbenadering en een benadering waarin modellen geconstrueerd zijn door wetenschappers in een sociale context

Tabel 4

Praktijkkennis Type B

Algemeen-pedagogische kennis	Cognitivistische en constructivistische perspectieven op onderwijzen en leren
PCK over onderwijsstrategieën	Kennis over motiverende en uitdagende opdrachten om de inhoud van modellen te leren. Kennis over opdrachten om modeldenken en modelconstructie van leerlingen te bevorderen en de creativiteit van leerlingen te stimuleren
PCK over het begrip van leerlingen	Kennis over de motivatie van leerlingen om zelf dingen te ontdekken en mogelijkheden om mee te doen aan modelleeractiviteiten en activiteiten die het modeldenken bevorderen. Kennis over de affiniteit van leerlingen met specifieke modellen
PCK over beoordelen	Kennis over het beoordelen van modelinhoud, modeldenken en modelconstructie via tentamens, presentaties, verslagen, portfolio's, modelleer- en debatactiviteiten, groepsobservaties
PCK over doelen van het curriculum	Epistemologische opvattingen die als instrumentalistisch en relativistisch opgevat kunnen worden. Kennis over visualiserende en verklarende functies van modellen, alsmede over het afleiden en toetsen van hypothesen, het doen van voorspellingen met behulp van modellen en het verkrijgen van informatie over verschijnselen die niet direct waarneembaar zijn
Kennis over modellen en modelleren	Een combinatie van positivistische wetenschapsbenadering en een benadering waarin modellen geconstrueerd zijn door wetenschappers in een sociale context

Tabel 5

Algemeen-pedagogische kennis van Jim

Vraag of metafoor	Reactie van Jim	Toegekende Code
Hoe denkt u dat uw leerlingen het beste iets nieuws leren?	Iets moet passen in een duidelijk kader, wat eigenlijk al aanwezig is en daarbij moet je aansluiten	Leren-cognitivistisch: leren is het betekenisvol opslaan van informatie Onderwijzen-cognitivistisch: instructie verbinden aan bestaande kennis
Leren is het werk van mieren: een gedeelde activiteit om samen tot een resultaat te komen	Het resultaat is niet altijd helemaal helder voor leerlingen denk ik. Ze moeten de zin ervan inzien. Voor hen is het resultaat van leren een goed cijfer	Motivatie-behavioristisch: leerlingen hebben extrinsieke motivatie nodig, hetzij door beloning of straf, hetzij door verwachte uitkomsten van leren
De docent is als een reisleader die met de toeristen onderhandelt over de bestemming en de route die zij zullen gaan	Nee, de bestemming ligt gewoon vast in 't examenprogramma en ook over de route moet je niet teveel discussiëren, dat geeft alleen verwarring	Onderwijzen- behavioristisch: docent bepaalt de leerdoelen en leerroute
Lesgeven is als bijjarten: je moet weten hoe te handelen om de ballen de juiste richting op te sturen	Alleen ja, ballen die gedragen zich volgens een wetmatigheid, en leerlingen niet. Maar inderdaad je wilt ze wel een bepaalde richting opsturen. Om orde aan te brengen	Leren-cognitivistisch: niet alle leerlingen leren op dezelfde manier Onderwijzen- behavioristisch: docent bepaalt de leerdoelen en leerroute
Leren is als bouwen	Ja, je bouwt iets op, steeds meer kennis ja	Leren-behavioristisch: leren is het stapelen van kennis

over modellen en modelleren in dit type, zoals die naar voren komt uit de vragenlijst, is niet wezenlijk anders dan in het geval van Type A.

Als de antwoorden en reacties van de negen docenten worden vergeleken met bovenstaande typen, kunnen vijf van hen als

- min of meer - representatief voor Type A beschouwd worden, terwijl de praktijkkennis van drie anderen voornamelijk als Type B gekwalificeerd kan worden. Eén docent kan niet bij een van deze typen worden ondergebracht. Hieronder wordt, ter illustratie, de praktijkkennis van twee docenten nader

omschreven, waarbij de eerste een representant van Type A is en de tweede van Type B.

5.2 De praktijkkennis van Jim (Type A)

Algemeen-pedagogische kennis

Jims algemeen-pedagogische kennis over leren en onderwijzen kan worden omschreven als een combinatie van behavioristische en cognitivistische perspectieven. Hoewel hij erkent dat leerlingen een actieve rol spelen bij het leerproces, reageert hij tamelijk negatief op de metaforen die een constructivistische opvatting weerspiegelen. In Tabel 5 staan enkele typerende uitspraken van Jim, waarbij is aangegeven op welke vraag of metafoor hij reageert, en hoe zijn reactie is gecodeerd.

PCK

We bespreken Jims PCK naar aanleiding van zijn antwoorden op de vragen over het hoofdstuk in "ANtWoord" over "zonnestelsel en heelal", waarbij de eerdergenoemde verdeling in vier rubrieken wordt aangehouden.

Kennis over onderwijsstrategieën. Jim kent veel instructiestrategieën die gericht zijn op een efficiënte informatieoverdracht en uitleg aan zijn leerlingen, waarbij fysieke modellen van het zonnestelsel worden gebruikt, alsmede film en video: "We laten ze spelen, via gestructureerde opdrachten, met piepschuimbollen en een lamp. Ze vinden dat leuk en krijgen zo meer inzicht in dat model." Zijn lessen over zonnestelsel en heelal waren vooral gericht op het leren en verklaren van het heliocentrische model. Hij ontwikkelde nieuw, meer gestructureerd materiaal voor zijn leerlingen, omdat sommige opdrachten in "ANtWoord", zoals een debat over het heliocentrische versus het geocentrische model, naar zijn idee "te vaag" waren. Hij benadrukte het belang van het doen van waarnemingen aan verschijnselen door de leerlingen (posities van zon, maan en sterren). De bestaande modellen zouden gebruikt moeten worden om zulke waarnemingen te verklaren. Echter, door slecht weer en organisatieperikelen, waren de observatieopdrachten niet goed uit de verf gekomen. Jim betreurde dit: "Het is onverteerbaar voor mij dat zij [de leerlingen] een model in hun hoofd hebben, terwijl zij niet weten wat ze kunnen

zien, omdat we er niet in geslaagd zijn om een goede observatieopdracht te maken." Het laten construeren van en debatteren over modellen zijn volgens Jim weinig zinvolle activiteiten.

Kennis over het begrip van leerlingen. Jim laat blijken weinig specifieke kennis te hebben over het begrip en de eventuele moeilijkheden van zijn leerlingen met de inhoud van specifieke modellen. Hij stelt dat, in de context van dit onderwerp, zijn leerlingen behoefte hebben "aan concrete materialen, kleine, gerichte opdrachten en vragen met concrete antwoorden. Ze hebben bovendien duidelijke leerdoelen nodig, om zich goed te kunnen voorbereiden op proefwerken."

Kennis over beoordelen. De manier waarop Jim zijn leerlingen in het kader van dit onderwerp beoordeelde, bestond voornamelijk uit een schriftelijke toets met kennis- en toepassingsvragen over concepten betreffende modellen van het zonnestelsel (historische modellen en het heliocentrische model). Daarnaast moesten zijn leerlingen verschillende opdrachten tijdens de lessen maken, waarvan de resultaten ook werden beoordeeld.

Kennis over doelen van het curriculum. Jim ziet het verklaren van verschijnselen als het voornaamste doel van natuurwetenschappelijke modellen in zijn onderwijs. Modellen ziet hij als een reductie van de werkelijkheid, en niet als waarheid: "Ik probeer altijd twee gezichtspunten te benadrukken: een wetenschappelijke, rationele opvatting en een irrationele zienswijze, waarbij het gaat om verwondering en respect voor de schepping van hemel en aarde."

Kennis over modellen en modelleren

Jims gemiddelde score op de schaal over de relatie model-target in de vragenlijst was 2.9. Wanneer we naar zijn scores op afzonderlijke items kijken, valt op dat hij de hoogste score (4 = *altijd*) toekende aan de volgende uitspraken: (1) een model is een vereenvoudigde weergave van de realiteit, (2) men probeert een model altijd zo eenvoudig mogelijk te houden, (3) een model is bedoeld om een verschijnsel te verklaren en (4) bij het ontwikkelen van een model probeert men zoveel mogelijk irrelevante aspecten buiten beschouwing te laten. Jim scoorde een 1

Tabel 6

Algemeen-pedagogische kennis van Sam

Vraag of metafoor	Reactie van Sam	Toegekende Code
Hoe denkt u dat uw leerlingen het beste iets nieuws leren?	Het is belangrijk dat niet alles nieuw is. Je kunt het beste aanhaken bij wat ze al min of meer weten of waar ze nieuwsgierig naar zijn	Onderwijzen-cognitivistisch: instructie verbinden aan bestaande kennis Motivatief-cognitivistisch/constructivistisch: leerlingen doen actief mee dankzij intrinsieke motivatie voor bepaald vak of bepaalde cognitieve inhoud
Leren is als data opslaan	Ja, maar onze hersenen werken anders dan de zoekmachine in de computer: je moet voldoende verbindingen leggen om iets te kunnen vinden. Dus er moet een relatie zijn met andere dingen anders is het opgeslagen gegeven nooit meer terug te vinden	Leren-cognitivistisch: leren is het betekenisvol opslaan van informatie
Leren is als het spoorwerk van een detective: dingen opzoeken en dingen onderzoeken	Dat is denk ik heel belangrijk dat ze dat doen: één van de betere manieren is dat ze zelf op onderzoek uitgaan	Leren-constructivistisch: leren is het construeren van begrip door logisch denken bij het oplossen van problemen en het doen van onderzoek
Het is de taak van de docent om een bouwplaats voor leerlingen in te richten en het benodigde materiaal aan te leveren	Zorgen dat je ze de gelegenheid geeft qua omgeving en qua materiaal om zelf dingen te ontdekken en op te bouwen, ik denk dat ik dat wel graag doe	Onderwijzen-constructivistisch: leeromgeving is uitdagend, interactie met materialen gericht op het begrijpen van concepten

(= *nooit*) op het item “In de loop van zijn ontwikkeling gaat een model steeds beter overeenkomen met zijn target.” Op de andere schaal, over de sociale context van modellen, was de gemiddelde score van Jim 2.6. Hier scoorde hij een 4 op de uitspraak “Een model is bedoeld om een overzicht te krijgen over complexe verschijnselen” en een 1 op het item “Een model is bedoeld om een abstract concept te representeren.”

Op grond van deze antwoorden concluderen we dat Jim voornamelijk een positivistische epistemologische opvatting over modellen aanhangt: hij beschouwt modellen vooral in relatie tot empirische gegevens en niet zozeer op basis van ideeën en concepten. Modellen ziet hij primair als reducties van de realiteit, die bedoeld zijn om verschijnselen te verklaren.

Samenvattend beschouwen we Jims PCK over het leren en onderwijzen van modellen en modelleren van het zonnestelsel als voornamelijk *inhoudsgericht*. Vanuit behavioristische en cognitivistische perspectieven op leren en onderwijzen, past Jim voornamelijk werkvormen toe die gericht zijn op de overdracht van kennis en het structureren van

leerlingactiviteiten. Ook zijn kennis over het begrip van leerlingen weerspiegelt een behavioristische en cognitivistische opvatting over leren. Zijn beoordelingsmethoden zijn voornamelijk gericht op kennis en begrip van concepten die te maken hebben met de inhoud van specifieke modellen, en weerspiegelen dus eveneens zijn inhoudsgerichtheid. Uit zijn opvattingen over onderwijsdoelen van het curriculum met betrekking tot modellen komt een positivistische epistemologische opvatting naar voren, welke overeenstemt met de teneur van zijn antwoorden op de vragenlijst over modellen en modelleren in de natuurwetenschappen.

5.3 De praktijkkennis van Sam (Type B)

Algemeen-pedagogische kennis

Sams algemeen-pedagogische kennis over leren en onderwijzen kan worden omschreven als een combinatie van cognitivistische en constructivistische perspectieven. In Tabel 6 staan enkele typerende uitspraken van Sam, waarbij is aangegeven op welke vraag of metafoor hij reageert en hoe zijn reactie is gecodeerd.

PCK

We bespreken Sams PCK naar aanleiding van zijn antwoorden op de vragen over het hoofdstuk in “ANtWoord” over “zonnestelsel en heelal”, waarbij de eerdergenoemde verdeling in vier rubrieken wordt aangehouden.

Kennis over onderwijsstrategieën. Sam kent instructiestrategieën die gericht zijn op uitleg van specifieke modellen. Hierbij maakt hij soms gebruik van waarnemingen van leerlingen: “Ik gebruik de zonnwijzer om duidelijk te maken hoe laat de zon opkomt, en dat je aan de tijd de richting kunt koppelen waarin de zon opkomt.” Verder stelt hij dat het van belang is dat “ze spelen met ballen, en voor zichzelf wat uitproberen om de modellen van het zonnestelsel beter te begrijpen.” Ten slotte hecht Sam veel waarde aan werkvormen die het nadenken bevorderen: “Ik stel een heleboel vragen als ze bezig zijn en dan moeten zij opschrijven hoe ze erover denken, en daarover discussiëren” en “Discussie is belangrijk om te zorgen dat ze nadenken over modellen.”

Kennis over het begrip van leerlingen. Volgens Sam vinden leerlingen de planeetbewegingen heel moeilijk te begrijpen: “Daar moeten ze helemaal induiken, en sommige leerlingen hebben daar helemaal geen zin in.” Bij het maken van modellen is volgens Sam “creativiteit nodig om te zien dat er meer mogelijkheden zijn; dat is een belangrijke stap in het modeldenken.” Tot slot heeft Sam gemerkt dat bij het bedenken van modellen voor de seizoenen leerlingen meer affiniteit hebben met: “een aarde die op en neer beweegt, of een zon die op en neer beweegt, dan met een kantelende aardas. De eerste twee modellen zijn veel logischer, vinden zij.”

Kennis over beoordelen. Sam beoordeelde zijn leerlingen in het kader van dit hoofdstuk via een schriftelijke toets. Sam: “De eerste drie vragen gingen over waarnemingen, hoe zit het in elkaar? Je kunt niet over modellen van het zonnestelsel praten als je niet weet hoe de bewegingen van zon, maan en sterren zijn.” Zijn leerlingen mochten hierbij een klein spiekbriefje gebruiken waar ze van tevoren een samenvatting op hadden geschreven. Daarnaast beoordeelde Sam het leer- en denkproces door leerlingen in hun schrift te

laten bijhouden hoe ze aan bepaalde opdrachten hadden gewerkt (“portfolio”).

Kennis over doelen van het curriculum. Sam wil graag dat zijn leerlingen leren inzien dat: “er verschillende soorten van modellen bestaan. En dat een model een manier is om tegen de werkelijkheid aan te kijken. Modellen hebben een beperkt gebruik en je kunt ze aanpassen. Het is daarnaast niet vanzelfsprekend dat er maar één model is voor een bepaald fenomeen: er zijn verschillende perspectieven om ergens tegenaan te kijken.”

Kennis over modellen en modelleren. Sam nam ruim de tijd voor het invullen van de vragenlijst en overwoog zijn antwoord op ieder item zorgvuldig. Uiteindelijk scoorde hij op alle items op de schaal over de relatie modeltarget een 3 (= meestal). Ook op de andere schaal, over de sociale context van modellen, scoorde hij op bijna alle items een 3. Hij scoorde tweemaal een 2 (= soms). Dit was op de items “Bij het ontwikkelen van modellen worden compromissen gesloten tussen verschillende onderzoekers.” en “Een model is uitsluitend geldig binnen een bepaald tijdsbestek.” Op grond van de scores op de schaal Relatie model-target concluderen we dat Sam een model ziet als een vereenvoudigde kopie van de werkelijkheid, waarvan de voornaamste functie is het geven van (causale) verklaringen voor verschijnselen. Zijn scores op de schaal over de sociale context van modellen zien we als representatief voor de gedachte dat de vragen van wetenschappers de ontwikkeling van hun modellen sturen.

Samenvattend beschouwen we Sams PCK over het leren en onderwijzen van modellen en modelleren van het zonnestelsel zowel *inhoudsgericht* als gericht op *modeldenken* en *modelconstructie*. Vanuit constructivistische perspectieven op leren en onderwijzen laat Sam zijn leerlingen in groepjes discussiëren en argumenteren (“Discussie is belangrijk om te zorgen dat ze nadenken”). Zijn beoordelingsmethoden zijn gericht op kennis en begrip van concepten die te maken hebben met de inhoud van specifieke modellen, en weerspiegelen daarmee zijn inhoudsgerichtheid. Daarnaast beoordeelt hij het denken over en het construeren van modellen. Uit zijn kennis over doelen van het curriculum met betrekking tot modellen blijkt een episte-

mologische opvatting die relativistisch en instrumentalistisch genoemd kan worden. Uit zijn antwoorden op de vragenlijst over modellen en modelleren, komt naast een visie waarin modellen gezien worden als sociale constructies, ook een positivistische wetenschapsbenadering naar voren.

6 Slotopmerkingen

Eerst willen we terugblikken op de gevolgde procedure om tot twee typen praktijkkennis te komen. Van acht van de negen docenten konden we de praktijkkennis indelen in één van de twee eerder genoemde typen. De reacties van de negende docent waren heel lastig te coderen met de codes die wij hadden ontwikkeld. Dit was op alle kennisdomeinen min of meer het geval; deze docent combineerde namelijk elementen van de verschillende perspectieven op onverwachte en, voor ons, onlogische wijze. Hij leek op het moment van het interview nog erg op zoek naar een eigen positie en aanpak van het nieuwe vak ANW. Het bovenstaande kan echter worden opgevat als een beperking van ons codeboek. Misschien is voor deze docent zelfs een derde type praktijkkennis nodig. Omdat het slechts om één docent ging, kunnen we hier verder geen uitspraak over doen.

Een tweede opmerking die relevant is in verband met de gevonden kennistypen, is de volgende. Bij veel docenten vinden we binnen een kennisdomein een combinatie van twee perspectieven, bijvoorbeeld een behavioristische en een cognitivistische visie in het domein algemeen-pedagogische kennis. Wij verklaren dit uit het feit dat docenten hun praktijkkennis doorgaans geleidelijk ontwikkelen en daarbij oppikken wat in schoolboeken (impliciet!), nascholingstrajecten, enzovoort wordt aangeboden ('tinkering', zie par. 2). Hierbij wordt ons inziens oude kennis niet geheel vervangen door nieuwe, eerder veranderende constructsystemen geleidelijk qua opbouw en samenstelling, en is het mogelijk dat tegelijkertijd verschillende perspectieven ('rival hypotheses', zie par. 2) gerepresenteerd worden. Hiermee is eveneens de combinatie van twee perspectieven op natuurwetenschappelijke modellen en modelleren

verklaarbaar. Er is wellicht sprake van een combinatie van een "oud" perspectief en een wetenschapsbenadering die sinds de Tweede Fase, en met name in het boek "ANtWoord" uitgebreid aandacht krijgt. Vanuit deze visie op ontwikkeling van praktijkkennis kan ook worden begrepen dat we bij de reacties van de docenten wel het constructivistische perspectief op de aard van kennis en leren tegenkomen, maar nog niet het situatieve perspectief (zoals gedefinieerd in par. 3.1). Deze laatste visie wordt impliciet wel aangetroffen in schoolboeken, bij werkvormen als debatteren, maar wordt door docenten niet als zodanig herkend, waardoor zij de betreffende werkvormen vanuit een ander perspectief (bijvoorbeeld constructivisme) invullen. In beide gevonden typen praktijkkennis is sprake van een samenhang tussen algemeen-pedagogische kennis en PCK. In Type A is vooral de PCK over onderwijsstrategieën duidelijk ontwikkeld en consistent met de algemeen-pedagogische kennis. In Type B zijn ook de andere elementen van PCK meer uitgesproken aanwezig. Type B kan als meer geïntegreerd worden gekenschetst, waarbij de verschillende domeinen van ANW (A t/m F) meer op elkaar worden betrokken dan in Type A, waarin bijvoorbeeld de domeinen A en B meer onafhankelijk van elkaar lijken te staan. Voor beide typen geldt dat de kennis over modellen en modelleren minder duidelijk samenhangt met de andere kennis-elementen, en bovendien niet onderscheidend is. We kunnen de relaties tussen de verschillende kenniselementen op basis van de hier besproken gegevens vooral duiden in termen van onderlinge consistentie. Over causale verbanden, waarbij duidelijk wordt hoe de verschillende kenniselementen elkaar beïnvloeden en aansturen, hopen we meer duidelijkheid te verkrijgen in het longitudinale onderzoek.

Noten

- 1 Dit artikel is gebaseerd op een promotieonderzoek dat wordt gefinancierd door NWO/PROO; projectnummer 411-21-201.

Literatuur

- Bolhuis, S. M. (1995). *Leren en veranderen bij volwassenen, een nieuwe benadering*. Bussum: Coutinho.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-42.
- Calderhead, J. (1996). Teachers: Beliefs and knowledge. In D.C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 709-725). New York: Mac Millan.
- Carter, K. (1990). Teachers' knowledge and learning to teach. In W. R. Houston (Ed.), *Handbook of research on teacher education* (pp. 291-310). New York: Mac Millan.
- Cochran, F. K., DeRuiter, J. A., & King, R. A. (1993). Pedagogical content knowing: An integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44, 261-272.
- Connelly, F. M., & Clandinin, D. J. (1985). Personal practical knowledge and the modes of knowing: Relevance for teaching and learning. In E. Eisner (Ed.), *Learning and teaching the ways of knowing* (pp.174-198). Chicago: University of Chicago Press.
- Clark, C. M. (1986). Ten years of conceptual development in research on teacher thinking. In M. Ben-Peretz, R. Bromme, & R. Halkes (Eds.), *Advances in Research on Teacher Thinking* (pp. 7-20). Lisse, Netherlands: Swets and Zeitlinger.
- Clark, C., & Peterson, P. (1986). Teachers' thought processes. In M.C. Wittrock (Ed.), *Handbook of research on teaching* (pp. 255-296). New York: Macmillan.
- De Vos, W., & Reiding, J. (1999) Public understanding of science as a separate subject in secondary schools in The Netherlands. *International Journal Of Science Education*, 21, 711-719.
- Driel, J. H. van, & Verloop, N. (1998). 'Pedagogical content knowledge': een verbindend element in de kennisbasis van docenten. *Pedagogische Studiën*, 75, 225-237.
- Driel, J. H. van & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21, 1141-1153.
- Duffee, L., & Aikenhead, G. (1992). Curriculum change, student evaluation, and teacher practical knowledge. *Science Education*, 76, 493-506.
- Ebbens, S. O. (1994). *Op weg naar zelfstandig leren, effecten van nascholing*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- Eijkelhof, H. M. C., & Kortland, J. (1988). Broadening the aims of physics education. In P. J. Fensham (Ed.), *Development and dilemmas in science education* (pp. 282-305). London: Falmer Press.
- Eraut, M. (2000). Non-formal learning and tacit-knowledge in professional work. *British Journal of Educational Psychology*, 70, 113-136.
- Fox, D. (1983). Personal Theories of teaching. *Studies in Higher Education*, 8(2) 151-163.
- Greeno, J. G., Collins, A. M., & Resnick, L. B. (1996). Cognition and learning. In D. C. Berliner & R.C. Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp. 15-46). New York: Simon & Shuster Macmillan.
- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. New York/London: Teachers College Press.
- Harrison, A. G. (2001). *Models and PCK: Their relevance for practicing and preservice teachers*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, St. Louis, MI.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14, 541-562.
- Justi, R. S., & Gilbert, J. K. (2002). Science teachers' knowledge about and attitudes towards the use of models and modelling in learning science. *International Journal of Science Education*, 24, 1273-1292.
- Kagan, D. M. (1990). Ways of evaluating teacher cognition: Inferences concerning the goldilocks principle. *Review of Educational Research*, 60, 419-469.
- Kelly, G. A. (1955). *The psychology of personal constructs*, Vols. 1&2. New York: W.W. Norton and Co. Inc. [Republished (1999) London: Routledge.]
- Klaassen, C., Beijaard, D., & Kelchtermans, G. (1999). Perspectieven op de professionele identiteit van leraren. *Pedagogisch Tijdschrift*, 24, 375-399.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.

- Kwakman, K. (1999). *Leren van docenten tijdens de beroepsloopbaan*. Proefschrift, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). *Metaphors we live by*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Magnusson, S., Krajcik, J., & Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Marks, R. (1990). Pedagogical content knowledge: From a mathematical case to a modified conception. *Journal of Teacher Education*, 41 (3), 3-11.
- Martinez, M. A. (2001). Metaphors as blueprints of thinking about teaching and learning. *Teaching and Teacher Education*, 17, 965-977.
- Meijer, P. C., Verloop, N., & Beijaard, D. (1999). Exploring language teachers' practical knowledge about teaching reading comprehension. *Teaching and Teacher Education*, 15, 59-84.
- Nott, M., & Wellington, J. (1993). Your nature of science profile: an activity for science teachers. *School Science Review*, 75, 109-112.
- Oolbekink-Marchand, H. (2003). *Secondary and higher education teachers' conceptions about self-regulated Learning*. Paper presented at the EARLI Conference 2003, Italy.
- Pope, M., & Denicolo, P. (2001). *Transformative education. Personal construct approaches to practice and research*. London, Philadelphia: Whurr Publishers.
- Putnam, R. T., & Borko, H. (1997). Teacher learning: Implications of new views of cognition. In B. J. Biddle et al. (Eds.), *International handbook of teachers and teaching*, (pp. 1223-1296). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Schön, D. A. (1987) *Educating the reflective practitioner*. San Fransisco: Jossey-Bass.
- Senge, P. M. (1992). *De vijfde discipline. De kunst en praktijk van de lerende organisatie*. Schiedam: Scriptum Books.
- Shimahara, N. K. (1998). The Japanese model of professional development: Teaching as craft. *Teaching and Teacher Education*, 14, 451-462.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15, 4-14.
- Verloop, N. (1992). Praktijkkennis van docenten: een blinde vlek van de onderwijskunde. *Pedagogische Studiën*, 69, 410-423.
- Verloop, N., van Driel, J., Meijer, P. (2001). Teacher knowledge and the knowledge base of teaching. *International Journal of Educational Research*, 35, 441-461.
- SLO. (1996). *Voorlichtingsbrochure havo/vwo Algemene natuurwetenschappen*. Enschede: SLO.
- Wallace, J. (2003). Learning about teacher learning: reflections of a science educator. In J. Wallace & J. Loughran (Eds.), *Leadership and professional development in science education: New possibilities for enhancing teacher learning* (pp. 1-16). London, New York: Routledge Falmer.
- Weber, S., & Mitchell C. (1995). Drawing ourselves into teaching: Studying the images that shape and distort teacher education. *Teaching and Teacher Education*, 12, 303-313.

Manuscript aanvaard: 1 november 2004

Auteurs

Ineke Henze is als assistent-in-opleiding werkzaam bij het Interfacultair Centrum voor Lerarenopleiding, Onderwijsontwikkeling en Nascholing (ICLON) van de Universiteit Leiden.

Jan van Driel is als universitair hoofddocent werkzaam bij het zelfde instituut.

Nico Verloop is als hoogleraar-directeur verbonden aan het zelfde instituut.

Correspondentieadres: I. Henze, ICLON, Universiteit Leiden, Postbus 9555, 2300 RB Leiden, e-mail: henze@iclou.leidenuniv.nl

Abstract

Science teachers' knowledge in the context of educational innovation

This article describes the results of a study of the practical knowledge of nine experienced science teachers who have just started to teach a new subject, i.e. Public Understanding of Science. The idea underlying the study is that teachers' practical knowledge determines to a large extent how they respond to educational innovation. The study aimed at identifying patterns in the content and the structure of teachers' practical knowledge. For this purpose, teachers' general pedagogical knowledge was investigated in relation to their pedagogical content knowledge (PCK) of models and modelling and their subject matter knowledge in this area. A semi-structured interview and a questionnaire were used. From the analysis of the data, two types of practical knowledge emerged. In both types, various perspectives on teaching and learning were combined. Also, general pedagogical knowledge was found to be related to pedagogical content knowledge (PCK) in both types. One of these was more integrated and more extended in terms of PCK. In both types, however, subject matter knowledge was similar and not very well related to the other knowledge elements.